УДК 639.54

Научная статья

https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-31-39

Некоторые технологические параметры устройства рабочих швов при применении самоуплотняющихся бетонных смесей

Г.В. Несветаев[1] ✉, Ю.И. Корянова[1], Д.П. Сухин[2]

[1] Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация
[2] ООО «Дон-Кубань Строй», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

✉ nesgrin@yandex.ru

Аннотация

Введение. При возведении массивных монолитных железобетонных конструкций, разбитых в соответствии с требованиями норм на температурно-усадочные блоки, важным условием обеспечения монолитности является качество рабочих швов при сцеплении «старого» и «нового» бетона. В связи с недостаточным объемом публикаций по вопросу зависимости прочности сцепления от технологических параметров при устройстве рабочих швов с применением широко используемых в последние годы самоуплотняющихся бетонов, исследования в данной области представляют актуальную задачу. Целью работы является развитие научных представлений о влиянии некоторых технологических параметров при устройстве рабочих швов на прочность сцепления «старого» и «нового» бетона.

Материалы и методы. Исследования выполнены с использованием самоуплотняющихся и традиционных тяжелых бетонов вибрационного уплотнения с диапазоном прочности на сжатие от 34,5 до 69,2 МПа. Предмет исследования — прочность сцепления «старого» и «нового» бетона в зависимости от способа подготовки поверхности «старого» бетона в шве в соответствии с нормативными требованиями и класса «нового» самоуплотняющегося бетона по прочности на сжатие. В качестве основных образцов использованы составные образцы Мерша при возрасте «старого» бетона до 3 сут. В качестве критерия качества шва использована относительная прочность шва, представляющая соотношение предела прочности бетона на срез, определенного на составном образце Мерша, и минимального из пределов прочности «нового» и «старого» бетонов на осевое растяжение. Определение показателей качества бетона производилось по стандартным методикам. Выдерживание образцов осуществлялось в условиях, имитирующих производство работ в весенне-летний период.

Результаты исследования. В ходе исследования рассмотрены критерии качества шва при сцеплении «старого» и «нового» бетона и их изменения в зависимости от рассмотренных рецептурных (класс бетона) и технологических факторов (продолжительность технологического перерыва, способ подготовки поверхности). Получены зависимости предложенного критерия качества шва от предела прочности (класса) «нового» бетона на сжатие, и показана неэффективность обработки поверхности металлической щеткой, особенно с ростом продолжительности технологического перерыва. Требуемые показатели прочности сцепления для бетонов классов В25… В35 гарантированно обеспечиваются при подготовке поверхности фрезерованием, при этом повышение технологического перерыва негативно влияет на прочность сцепления.

Обсуждение и заключение. В связи с выявленной низкой обеспеченностью прочности сцепления «старого» и «нового» бетона независимо от технологических факторов целесообразно рассмотреть обеспечение качества рабочего шва посредством реализации конструктивных решений в виде шпоночных соединений и (или) дополнительного армирования.

Ключевые слова: массивные железобетонные конструкции, технологический перерыв, подготовка поверхности, прочность сцепления, прочность на срез

Для цитирования. Несветаев Г.В., Корянова Ю.И., Сухин Д.П. Некоторые технологические параметры устройства рабочих швов при применении самоуплотняющихся бетонных смесей. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий*. 2023;2(3):31–39. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-31-39

Original article

Some Technological Parameters of Construction Joints Formation Using the Self-Compacting Concrete Mixtures

Grigory V. Nesvetaev[1] ✉, **Yuliya I. Koryanova**[1], **Dmitry P. Sukhin**[2]

[1] Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation
[2] “Don-Kuban' Stroi”, LLC, Rostov-on-Don, Russian Federation

✉ nesgrin@yandex.ru

Abstract

Introduction. The important condition ensuring the monolithicity of the erected massive monolithic reinforced concrete structures, divided in compliance with the standards into the heat-shrinkable blocks, is the quality of construction joints in terms of the new-to-old concrete bonding. The research on the bonding strength dependence on the technological parameters of the construction joints formation using the widely spread in recent years self-compacting concretes is a relevant task, because the number of publications on the respective topic is insufficient. The aim of the present paper is to develop a scientific concept regarding the influence of the certain technological parameters on the new-to-old concrete bonding strength during the construction joints formation.

Materials and Methods. The research was carried out using the self-compacting and ordinary heavy vibratory-compacted concretes with the compressive strength ranged from 34.5 to 69.2 MPa. The object of the study was the dependence of the new-to-old concrete bonding strength on the method of standardised surface pre-treatment of the “old” concrete in a joint and the compressive strength of the grade of the “new” self-compacting concrete. The composite Mörsch specimens in which the “old” concrete was cured for up to 3 days were used as the main samples. The construction joint relative strength was considered to be the joint quality evaluation criterion equalling to the ratio of the shear strength of concrete in a composite Mörsch specimen to the minimum axial tension strength values of the “new” and “old” concrete. The quality indicators of the concrete were determined by applying the standard methodology. The specimens were cured under conditions simulating the production of works in the spring-summer season.

Results. During the research, the construction joint quality criteria in terms of the “old” to “new” concrete bonding were analysed along with the changes they undergo depending on the studied recipe (concrete grade) and technological (length of the technological break, surface treatment method) factors. The dependences of the proposed construction joint quality criterion on the “new” concrete compressive strength (grade) were obtained and the inefficiency of the surface treatment with a metal brush was shown, especially if accompanied with the technological break extension. The required bonding strength values for B25 ... B35 grade concretes can be for sure provided by the surface pre-milling, whereas the extension of the technological break has negative affect on the bonding strength.

Discussion and Conclusions. Due to the revealed low bonding strength of the “old” to “new” concretes, regardless the technological factors, it is expedient to look into the ways of ensuring the construction joint quality by implementing structural solutions such as keyed joints and (or) additional reinforcement.

Keywords: massive reinforced concrete structures, technological break, surface treatment, bonding strength, shear strength

For citation. Nesvetaev GV, Koryanova YI, Sukhin DP. Some Technological Parameters of Construction Joints Formation Using the Self-Compacting Concrete Mixtures. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2023;2(3):31–39. https://doi.org/10.23947/2949-1835-2023-2-3-31-39

Введение. При возведении монолитных железобетонных конструкций одним из важнейших условий является обеспечение их монолитности, в связи с чем согласно СП 435.1325800.2018 «бетонная смесь должна укладываться в бетонируемую конструкцию горизонтально слоями одинаковой толщины без разрывов, с последовательным направлением укладки в одну сторону во всех слоях. Новый слой бетонной смеси должен быть

уложен до начала схватывания бетона ранее уложенного слоя. При массиве, разбитом на блоки, бетонирование замыкающих блоков следует проводить только после усадки и охлаждения бетона смыкаемых блоков». Возведение монолитных конструкций осуществляется как посредством непрерывной укладки бетонной смеси, так и с перерывами различной продолжительности, в т. ч. с образованием рабочих швов. При значительной продолжительности перерыва и при бетонировании массивных монолитных железобетонных конструкций с разбиением на температурно-усадочные блоки при разработке технологических регламентов бетонирования приходится решать вопросы устройства рабочих швов, как горизонтальных, так и вертикальных [1, 2]. В [2] рассматриваются варианты бетонирования с интервалом укладки бетонной смеси до 3 часов, в пределах 12 часов и более 12 часов. Отмечается, что СП 70.13330.2012 рекомендует при возведении фундамента выполнять укладку бетонной смеси с образованием холодного шва. В [3] представлены результаты исследований прочности технологического шва в зависимости от времени и вида бетона, согласно которым «прочность стыка, который был выполнен через 1 сутки, значительно ниже, чем соединения, выполненного в 28-суточном возрасте». В [4] обосновывается целесообразность устройства технологических швов по технологии замоноличивания стыков сборных железобетонных конструкций. В [2] отмечается, что «при укладке бетонной смеси в массивные фундаментные плиты согласно типовым технологическим картам» должна обеспечиваться «непрерывность укладки на всю высоту плит». По данным [5] при применении самоуплотняющихся бетонных смесей (СУБ) с суперпластифицирующими добавками (далее — СП) на основе эфиров поликарбоксилатов при низких значениях величины водоцементного отношения (далее — В/Ц) в условиях пониженной влажности отмечен процесс быстрого формирования «слоновой кожи» — слоя толщиной от 50 до 500 мкм, свойства которого значительно отличаются от основного объема цементного камня, который может стать причиной нарушения сцепления «старого» и «нового» бетонов при устройстве рабочих швов. Проблема является актуальной не только для монолитных, но и для сборно-монолитных конструкций [6].

Исследователи отмечают важную роль подготовки поверхности «старого» бетона при устройстве рабочего шва для обеспечения качественного сцепления [2, 7, 8], при этом даже при качественной обработке рабочего шва его прочность по отношению к монолиту обычно составляет 50–60 %. По данным [7] при применении различных способов подготовки поверхности (в зависимости от способа уплотнения) различие в прочности сцепления может составлять 50 %, при этом применение современных суперпластификаторов способствует росту прочности контакта. Согласно [8] прочность «старого» бетона практически не влияет на прочность «контактного шва». Учитывая широкое применение и связанные с этим исследования СУБ, полученных с применением СП на поликарбоксилатной основе [9, 10], а также ограниченность данных о прочности рабочих швов при применении СУБ [11], исследование технологических параметров, определяющих прочность сцепления указанных бетонов при устройстве рабочих швов с применением различных бетонов, представляет актуальную задачу, решение которой является целью данной работы.

Материалы и методы. Исследования выполнены на тяжелых бетонах, полученных из СУБ с величиной В/Ц 0,55 и 0,4, содержащих СП отечественного производства на основе эфиров поликарбоксилатов. Портландцемент — ЦЕМ I 42,5Н ОАО «Новоросцемент». Подвижность СУБ соответствовала марке РК1 по ГОСТ Р 59714-2021. Диапазон предела прочности на сжатие исследованных бетонов в проектном возрасте при твердении в НУ составил от 34,5 (*B*27,5 по схеме Г ГОСТ 18105) до 69,2 МПа (*B*55). При оценке прочности рабочего шва использован составной образец Мерша (рис. 1), широко применяемый для подобных исследований [4, 12]. При изготовлении составного образца на первом этапе крайние кубы («старый» бетон — «СБ» на рис. 1) фиксировались пластиковыми перегородками. Через 1 либо 3 сут. кубы поворачивались на 90° так, чтобы верхняя грань контактировала с вновь укладываемой бетонной смесью, и осуществлялась укладка «нового» бетона («НБ» на рис. 1). При этом перед укладкой «нового» бетона верхняя грань кубов обрабатывалась в соответствии с планом исследований. Определение пределов прочности бетонов на сжатие и осевое растяжение и прочности сцепления «старого» и «нового» бетонов с использованием составного образца производилось при возрасте «нового» бетона 28 сут.

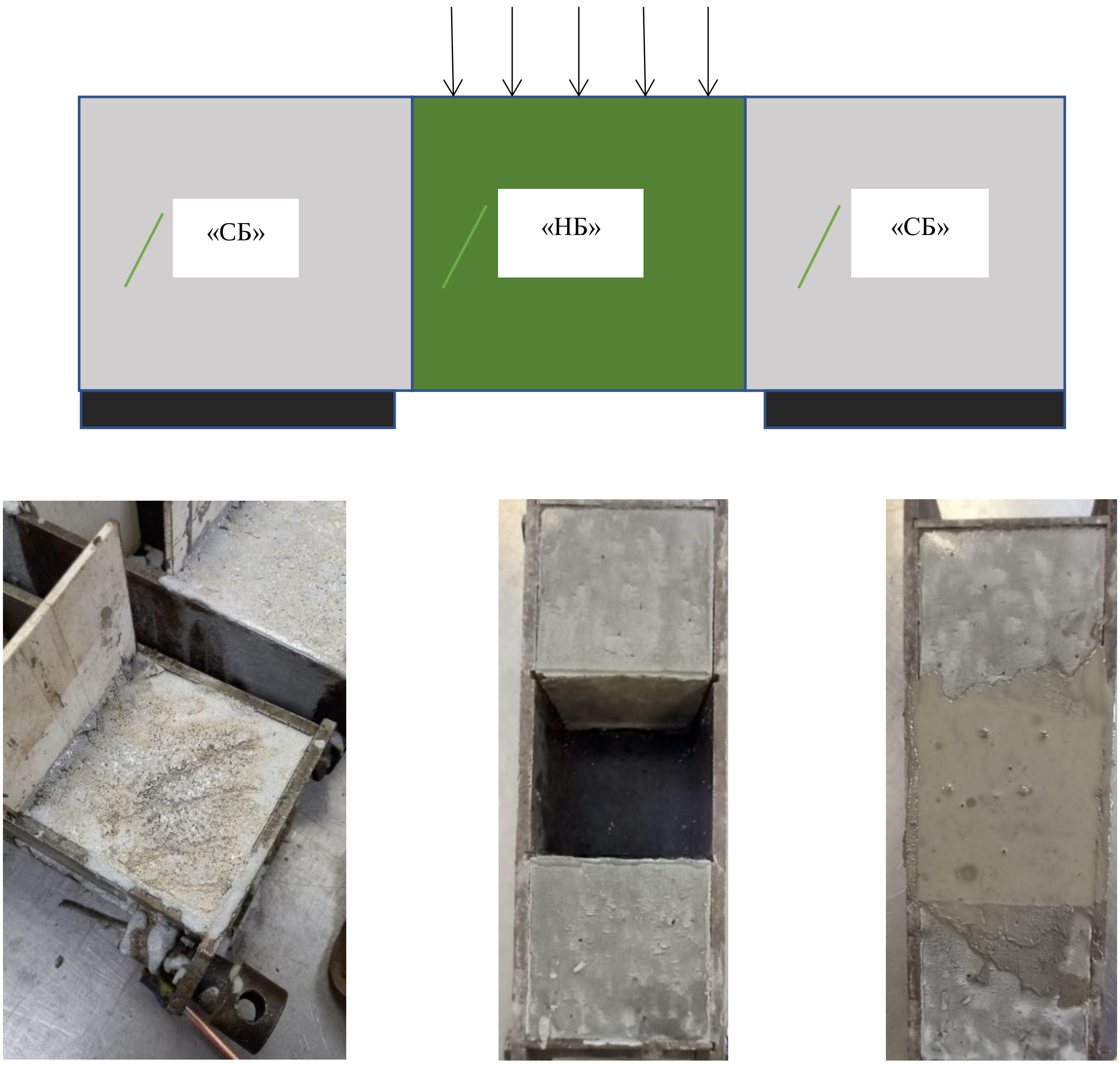


Рис. 1. Схема испытания и этапы изготовления составного образца Мерша

Результаты исследования. В таблице 1 представлены результаты определения прочности контакта «старого» и «нового» бетонов при устройстве рабочего шва в различном возрасте и при различных способах обработки поверхности «старого» бетона.

Согласно формуле № 8.61 СП 63.13330.2018 поперечная сила, воспринимаемая бетоном в нормальном сечении от внешней нагрузки, может быть определена как:

$$Q_{b1} = 0{,}5 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0, \tag{1}$$

тогда принимая прочность бетона на срез:

$$R_{sh} = \frac{Q_{b1}}{b \cdot h_0}. \tag{2}$$

Получим:

$$R_{sh} > 0{,}5 \cdot R_{bt} \tag{3}$$

или

$$\frac{R_{sh}}{R_{bt}} > 0{,}5, \tag{4}$$

что можно рассматривать в качестве некоторого критерия прочности рабочего шва или в зависимости от класса бетона:

$$R_{sh} > \left(\frac{0{,}5}{1{,}5}\right) \cdot R_t \approx 0{,}1 \cdot R^{0{,}6} = 0{,}114 \cdot B^{0{,}6}, \tag{5}$$

где R_{bt} — класс бетона по прочности на осевое растяжение; R_t — среднее контролируемое значение предела прочности бетона на осевое растяжение, $R_t = 1{,}5 \cdot R_{bt}$, $R_t = 0{,}29 \cdot R^{0{,}6}$; R — среднее контролируемое значение предела прочности на сжатие; B — класс бетона по прочности на сжатие.

Таблица 1

Результаты определения прочности контакта «старого» и «нового» бетона (прочность на срез R_{sh})

№	Предел прочности бетона, МПа		Прочность на срез, МПа, в зависимости от подготовки поверхности				
	R	R_t	БП	Щ	Ф	ОП–5***	НД****
Данные авторов							
1	32,3	2,35	1,01 (1)	3,54 (1)	2,74 (1)		
2	43,6	2,8	1,18 (3)	2,1 (3)	3,65 (3)		
3	56,9	2,96	0,26 (3)	0,53 (3)	1,78 (3)		
4	35,4	2,54	0,07 (1)	2,62 (1)	3,66 (1)		
5	65,7	3,2	0,55 (3)	0,29 (3)	3,5 (3)		
6	66,2	2,96	0,65 (1)	0,71 (1)	2,23 (1)		
7	48,1	2,72	0,38 (1)				
По литературным данным							
8	26,9	2,09*					1,54
9	38,3	2,58*					1,75
10	32,7	2,35*					1,67
11	21,3	1,59	0,89**				
12	21,2	1,62	0,76**				
13	17,6	1,38	0,935**				
14	25,1	1,94	0,75**				
15	19,2	1,74	0,71**				
16	31	2,27*				1,45	
17	35	2,45*				2,2	
18	25,4	2,02*					1,4
19	42,4	2,75*					1,2
20	23,4	1,92*					0,95

Примечания:

БП, Щ, Ф — соответственно без обработки поверхности, обработка металлической щеткой, фрезерование;

(1), (3) — возраст «старого» бетона к моменту бетонирования шва, сут.;

* — по формуле $R_t = 0{,}29 \cdot R^{0{,}6}$ (R_t, R — соответственно предел прочности бетона на осевое растяжение и сжатие) [13];

** — к боковой поверхности «старого» бетона;

*** — обработка по [8];

8–10 — данные [4], 11–15 — данные [14], 16–17 — данные [8], 18–20 — данные [15];

**** — нет данных.

На рис. 2 представлена зависимость относительной прочности шва R_{sh}/R_t от предела прочности «нового» бетона на сжатие и способа обработки поверхности «старого» бетона. Очевидна неоднозначность зависимости $R_{sh}/R_t = f(R)$ от рассматриваемых факторов. Уравнения регрессии с показателем достоверности аппроксимации представлены в таблице 2. В таблице 3 представлены значения R_{sh}/R_{bt} в зависимости от класса «нового» бетона» по прочности на сжатие B, способа подготовки поверхности «старого» бетона и времени устройства шва. Данные таблицы 3 хорошо согласуются с [8].

Таблица 2

Уравнения регрессии, описывающие данные, представленные на рис. 2

№	Условия формирования шва	$\frac{R_{sh}}{R_t} = k \cdot (R)$	Показатель достоверности аппроксимации R^2	$R_{sh}/R_t = k \cdot (B)$ *
1	Без обработки через 1 сут.	k = 0,004	0,573	k = 0,005
2	Обработка щеткой через 1 сут.	k = 0,015	0,451	k = 0,019
3	Обработка диском через 1 сут.	k = 0,021	0,718	k = 0,026
4	Без обработки через 3 сут.	k = 0,004	0,592	k = 0,005
5	Обработка щеткой через 3 сут.	k = 0,005	0,419	k = 0,007
6	Обработка диском через 3 сут.	k = 0,018	0,862	k = 0,022
7	ОП-5 по таблице 1	k = 0,023	0,989	k = 0,069

Примечание: * — $B = 0{,}8 \cdot R$

Таблица 3

Влияние способа подготовки поверхности и времени устройства шва на величину R_{sh}/R_{bt}

Класс бетона	Величина R_{sh}/R_{bt} при устройстве шва в возрасте 1, 3 сут. При различных способах подготовки поверхности					
	БП		Щ		Ф	
	1	3	1	3	1	3
B20	0,1	0,1	0,38	0,14	0,52	0,44
B25	0,125	0,125	0,475	0,175	0,65	0,55
B30	0,15	0,15	0,57	0,21	0,78	0,66
B35	0,175	0,175	0,665	0,245	0,91	0,77

Примечание: БП, Щ, Ф — соответственно без подготовки поверхности, обработка металлической щеткой и фрезерование.

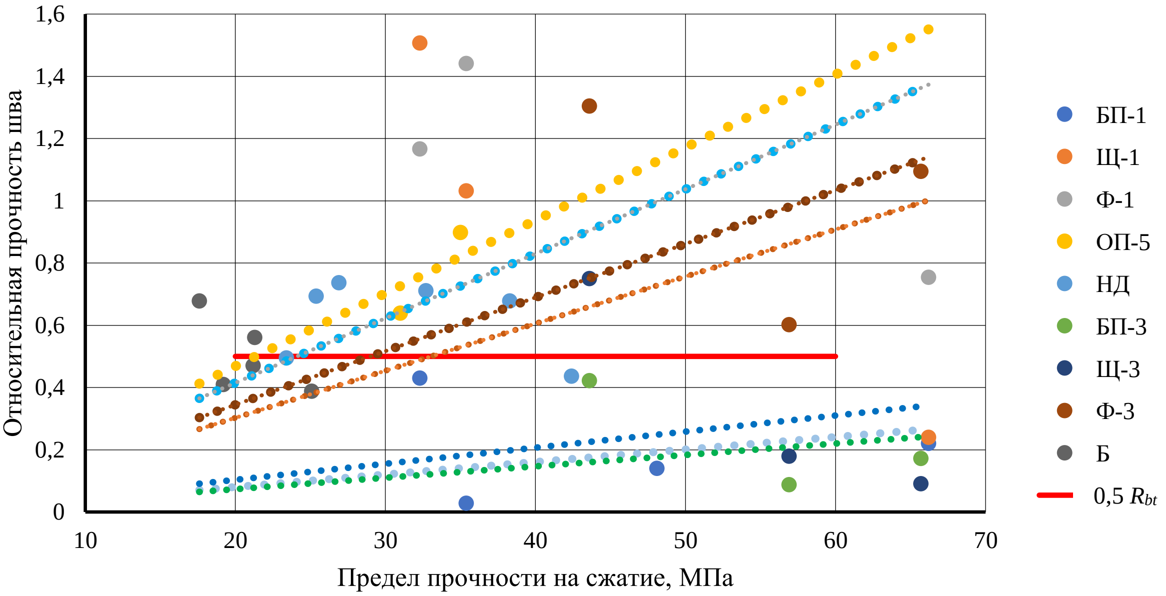


Рис. 2. Зависимость относительной прочности шва от предела прочности «нового» бетона на сжатие: БП-1, Щ-1, Ф-1, БП-3, Щ-3, Ф-3 — соответственно без обработки поверхности, обработка металлической щеткой, фрезерование; 1, 3 — возраст «старого» бетона к моменту бетонирования шва, сут.; Б — без обработки поверхности, контакт с боковой гранью; ОП-5 — очистка поверхности до заполнителя глубиной до 5 мм, устройство насечек глубиной до 5 мм с шагом не менее 40 мм; НД — неизвестно

Представленные на рис. 2 и в таблицах 2 и 3 результаты показывают, что:

– единичные значения показателя R_{sh}/R_t (относительная прочность шва) характеризуются довольно высокой неоднородностью, что можно рассматривать как низкую обеспеченность качества шва независимо от технологических факторов;

– обработка металлической щеткой с ростом возраста «старого» бетона закономерно становится неэффективной;

– критерий формул (4, 5) обеспечивается при подготовке поверхности фрезерованием, при этом повышение возраста «старого» бетона не способствует росту прочности сцепления.

Обсуждение и заключение. Получена зависимость соотношения прочности сцепления «старого» и «нового» бетона в рабочих швах от класса «нового» бетона по прочности на сжатие, способа подготовки поверхности «старого» бетона и времени устройства шва. Поскольку единичные значения соотношения прочности сцепления характеризуются довольно высокой неоднородностью, что можно рассматривать как низкую обеспеченность качества шва независимо от технологических факторов, целесообразно исследовать возможность повышения надежности рабочих швов конструктивными мероприятиями (например, устройство шпонок и (или) дополнительное армирование), при этом выбор решения следует принимать по технико-экономическим показателям. Критерием качества сцепления предложен показатель R_{sh}/R_t, значения которого при применении СУБ для «нового» бетона составляют, в зависимости от способа обработки поверхности «старого» бетона, от 0,1 до 0,9 при предлагаемом нормируемом значении не менее 0,5, что обеспечивается при классе СУБ B25… B35 фрезерованием поверхности «старого» бетона. Рост продолжительности технологического перерыва негативно влияет на прочность сцепления.

Список литературы

1. Шпилевская Н.Л., Шведов А.П. Особенности возведения массивных фундаментов с учетом различных факторов, влияющих на беспрерывное производство работ. В: *Актуальные проблемы архитектуры Белорусского Подвинья и сопредельных регионов: Сборник научных работ Международной научно-практической конференции к 50-летию Полоцкого государственного университета.* Новополоцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»; 2018. С. 238–244.

2. Шпилевская Н.Л., Шведов А.П. Разработка организационно-технологической документации на бетонирование массивных фундаментных плит. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки.* 2018;(8):49–55. URL: https://journals.psu.by/constructions/article/view/233 (дата обращения: 05.08.2023).

3. Каган М.Н., Коволь С.Б., Мельник Л.Б., Байбурин А.Х. Прочность контакта бетонов при устройстве технологических швов и стыков в железобетонных конструкциях. *Строительное производство.* 2021(3):9–18. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_3_2

4. Каган, М.Н., Коваль С.Б. Влияние технологических факторов на прочность бетона в зоне контакта свежеуложенного слоя с затвердевшим. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура.* 2022;22(2):68–74. https://doi.org/10.14529/build220209

5. Wetzel A., Glotzbach C. Microstructural characterization of elephant skin on ultra-high-performance concrete. In: *14th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*; 2013. P. 1–4. https://doi.org/10.13140/2.1.4970.1123

6. Коянкин, А.А., Митасов В.М. О применимости двучленного закона трения Дерягина к вопросам совместного деформирования разновозрастных бетонов в сборно-монолитных конструкциях. *Инженерный вестник Дона.* 2021;(9). URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7177 (дата обращения: 01.08.2023).

7. Кремнева Е.Г. О сопротивлении среза по контакту между бетонами, укладываемыми в разное время. В: *Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации. Электронный сборник статей III Международной научной конференции.* Новополоцк: Учреждение образования «Полоцкий государственный университет»; 2021. С. 151–156. URL: https://elib.psu.by/handle/123456789/28116 (дата обращения: 04.08.2023).

8. Кремнева Е.Г., Хаменюк Е.В. Контактные швы в железобетонных составных конструкциях. *Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки*. 2011;(8):48–52.

9. Dey S., Kumar V.V., Goud K.R., Basha S.K. State of Art Review on Self-compacting Concrete Using Mineral Admixtures. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. 2021;6(1):1–23. https://doi.org/10.1007/s41024-021-00110-9

10. Dhanabal G., Sreevidya D.V. Shear Strength Characteristics of Self Compacting Geopolymer Concrete Cast at Different Ages. *International Journal of Latest Engineering and Management Research*. 2018;3(4):38–43. Available from: http://www.ijlemr.com/papers/volume3-issue4/7-IJLMER-33107.pdf (дата обращения: 05.08.2023).

11. Zhang X., Zhang W., Luo Y., Wang L., Peng J., Zhang J. Interface Shear Strength between Self-Compacting Concrete and Carbonated Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2020;32(6). https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003229

12. Dovzhenko O.O., Pohribnyi V.V., Usenko I.S., Mal'ovana O.O., Akopyan M.K. Concrete Elements Strength Under the Shear Action According to The Variation Method in the Theory of Plasticity and Tests. *ISJ Theoretical & Applied Science*. 2016;12(44):12–18. https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.12.44.3

13. Корянова Ю.И., Несветаев Г.В., Чепурненко А.С., Сухин Д.П. К вопросу моделирования температурных напряжений при бетонировании массивных железобетонных плит. *Инженерный вестник Дона.* 2022;(6). URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7691 (дата обращения 22.07.2023).

14. Несветаев Г.В., Беляев А.В. О сцеплении конструкционного керамзитобетона и тяжелого бетона в монолитных слоистых перекрытиях. *Науковедение.* 2016;8(4). URL: http://naukovedenie.ru/PDF/24TVN416.pdf (дата обращения: 01.08.2023).

15. Дорофеев В.С., Дорофеев А.В., Пушкарь Н.В. Прочность контактов сборно-монолитных железобетонных конструкций реконструируемых портовых сооружений. *Актуальные научные исследования в современном мире.* 2019;11–1(55):93–103. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41808530_15571114.pdf (дата обращения: 05.08.2023).

References

1. Shpilevskaya NL, Shvedov AP. Features of Building Massive Foundations with Considering of Different Factors Affecting Continuous Production of Work. In: *Aktual'nye problemy arkhitektury Belorusskogo Podvin'ya i sopredel'nykh regionov: collection of scientific papers of the international scientific and practical conference in honour of 50th anniversary of the State University of Polotsk.* Novopolotsk: Uchrezhdenie obrazovaniya “Polotskii gosudarstvennyi universitet” Publ.; 2018. P. 238–244. (In Russ.)

2. Shpilevskaya NL, Shvedov AP. Development of Organizational-Technological Documentation on Concreting Of Massive Fundamental Slabs. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki Vestnik.* 2018;(8):49–55. (In Russ.) URL: https://journals.psu.by/constructions/article/view/233 (accessed: 05.08.2023).

3. Kagan MN, Koval' SB, Mel'nik LB, Baiburin AK. The Strength of Concrete-to-Concrete Contact During the Construction of Technological Seams and Joints in Reinforced Concrete Structures. *Construction production*. 2021;(3): 9–18. https://doi.org/10.54950/26585340_2021_3_2

4. Kagan MN, Koval' SB. Influence of Technological Factors on the Strength of Concrete in the Contact Zone of a New-to-Old Concrete Bonding. *Bulletin of South Ural State University. Series «Construction Engineering and Architecture*. 2022;22(2):68–74. https://doi.org/10.14529/build220209

5. Wetzel A, Glotzbach C. *Microstructural characterization of elephant skin on ultra-high-performance concrete*. In: 14th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials; 2013. P. 1–4. doi.org/10.13140/2.1.4970.1123

6. Koyankin AA, Mitasov VM. On the Applicability of Deryagin's Binomial Law of Friction to the Issues of Joint Deformation of Mixed-Age Concrete in Prefabricated Monolithic Structures. *Engineering Journal of Don*. 2021;(9). (In Russ.) URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2021/7177 (accessed: 1.08.2023).

7. Kremneva EG. About the Shear Resistance Between Concretes, Stacked at Different Times. In: *Arkhitekturno-stroitel'nyj kompleks: problemy, perspektivy, innovacii. Electronic digest of articles of the 3d International scientific conference.* Novopolotsk: Uchrezhdenie obrazovaniya “Polotskii gosudarstvennyi universitet” Publ.; 2021. P. 151–156. (In Russ.) URL: https://elib.psu.by/handle/123456789/28116 (accessed: 4.08.2023).

8. Kremneva EG, Khamenok EV. Contact Seams in Reinforced Concrete Composite Structures. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnye nauki Vestnik*. 2011;(8):48–52. (In Russ.)

9. Dey S, Kumar VV, Goud KR, Basha SK. State of Art Review on Self-compacting Concrete Using Mineral Admixtures. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. 2021;6(1):1–23. http://www.doi.org/10.1007/s41024-021-00110-9

10. Dhanabal G, Sreevidya DV. Shear Strength Characteristics of Self Compacting Geopolymer Concrete Cast at Different Ages. *International Journal of Latest Engineering and Management Research*. 2018;3(4):38–43. Available from: http://www.ijlemr.com/papers/volume3-issue4/7-IJLMER-33107.pdf (accessed: 05.08.2023).

11. Zhang X., Zhang W., Luo Y., Wang L., Peng J., Zhang J. Interface Shear Strength between Self-Compacting Concrete and Carbonated Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2020;32(6). https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003229

12. Dovzhenko O.O., Pohribnyi V.V., Usenko I.S., Mal’ovana O.O., Akopyan M.K. Concrete Elements Strength Under the Shear Action According to The Variation Method in the Theory of Plasticity and Tests. *ISJ Theoretical & Applied Science*. 2016;12(44):12–18. https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2016.12.44.3

13. Koryanova YI, Nesvetaev GV, Chepurnenko AS, Sukhin DP. On the Issue of Modeling Thermal Stresses during Concreting of Massive ReinforcedConcrete Slabs. *Engineering Journal of Don*. 2022;(6). (In Russ.) URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2022/7691 (accessed: 22.07.2023).

14. Nesvetaev GV, Belyaev AV. About Adhesion Between Structural LWA Concrete and Ordinary Concrete in the In-Situ Layered Slabs. *Naukovedenie*. 2016;8 (4). (In Russ.) URL: http://naukovedenie.ru/PDF/24TVN416.pdf (accessed: 01.08.2023).

15. Dorofeev VS, Dorofeev AV, Pushkar' NV. The Durability of Contacts of Prefabricated Monolithic Reinforced Concrete Structures of Reconstructed Port Structures. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2019;11–1(55):93–103. (In Russ.) https://www.elibrary.ru/download/elibrary_41808530_15571114.pdf (accessed: 05.08.2023).

Поступила в редакцию 12.08.2023
Поступила после рецензирования 25.08.2023
Принята к публикации 10.09.2023

Об авторах:

Несветаев Григорий Васильевич, профессор кафедры «Технология строительного производства» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID, nesgrin@yandex.ru

Корянова Юлия Игоревна, доцент кафедры «Технология строительного производства» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, ORCID, koryanova.yi@mail.ru

Сухин Дмитрий Петрович, директор ООО «Дон-Кубань Строй» (344002, РФ, г. Ростов-на-Дону, ул. Станиславского, 59/64, оф. 25), ORCID, 161dks@mail.ru

Заявленный вклад соавторов:

Г.В. Несветаев — формирование основной концепции, цели и задач исследования, обоснование критериев, общее планирование эксперимента, анализ результатов исследований, редактирование текста, корректировка выводов.

Ю.И. Корянова — детальное планирование, организация и реализация исследований, анализ результатов исследований, подготовка текста, формулировка выводов.

Д.П. Сухин — рабочее планирование и реализация исследований, обработка результатов исследований, анализ результатов исследований.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи

Received 12.08.2023
Revised 25.08.2023
Accepted 10.09.2023

About the Authors:

Grigory V. Nesvetaev, Professor of the Construction Operations Technologies Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), Dr.Sci. (Engineering), Professor, ORCID, nesgrin@yandex.ru

Yuliya I. Koryanova, Associate Professor of the Construction Operations Technologies Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF)**,** Cand. Sci. (Engineering), ScopusID, ORCID, koryanova.yi@mail.ru

Dmitry P. Sukhin, Director of “Don-Kuban' Stroi”, LLC (Office 25, 59/64, Stanislavskii St., Rostov-on-Don, 344002, RF), ORCID, 161dks@mail.ru

Claimed contributorship:

GV Nesvetaev — designing the main concept, goals and objectives of the study, justification of the criteria, general planning of the experiment, research results analysis, editing the text, correcting the conclusions.

YI Koryanova — detailed planning, organisation and implementation of research, research results analysis, preparing the text, formulating the conclusions.

DP Sukhin — operational planning and implementation of research, processing of research results, research results analysis.

Conflict of interest statement: the authors do not have any conflict of interest.

All authors have read and approved the final manuscript.